

## 明 細 書

### 電子増倍管

### 技術分野

- [0001] 本発明は、複数のダイノードが積層状態で多段に配置されたダイノード部を備える電子増倍管に関するものである。

### 背景技術

- [0002] 電子増倍管のダイノード部として、複数のベネシアンブラインドダイノードが積層状態で多段に配置されたものが従来一般に知られている(例えば特許文献1参照)。また、複数のメタルチャンネルダイノードが積層状態で多段に配置されたものも従来一般に知られている(例えば特許文献2参照)。
- [0003] ここで、ベネシアンブラインドダイノードは、基板から略45度の角度で切り起こされたルーバ状の複数の電極エレメントを有するものであり、各電極エレメントは、相互に隣接して同方向に傾斜している。そして、各電極エレメントの外面には、入射された電子を増倍して放出する2次電子放出面が形成されている。
- [0004] 一方、メタルチャンネルダイノードは、相互に平行に配列されたスリット孔や、マトリックス状に配列された円形孔または角孔からなる複数の貫通孔が基板に開口されたものであり、各貫通孔は、電子が入射される収集側の開口幅に較べて電子が放出される放出側の開口幅が広くなるように傾斜した断面形状の内壁面を有する。そして、各貫通孔の内壁面には、収集側から入射された電子を増倍して放出する2次電子放出面が形成されている。

特許文献1:特許第2840853号公報

特許文献2:特許第3078905号公報

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0005] ところで、前述したベネシアンブラインドダイノードは、複数の電極エレメントがルーバ状に切り起こされているため、メタルチャンネルダイノードに較べて厚みが大きくなる。このため、ダイノードの段数を同じとした場合、全段がベネシアンブラインドダイノード

ードで構成されたダイノード部を備える電子増倍管は、全段がメタルチャンネルダイノードで構成されたダイノード部を備える電子増倍管に較べて全長がかなり長くなり、全長の短縮化が要求される電子増倍管としては難点がある。

- [0006] 本発明は、ベネシアンブラインドダイノードが入射される電子を効率良く収集できることを見出して完成されたものであり、全長の短縮化と同時に検出効率の向上を達成できる電子増倍管を提供することを課題とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0007] 本発明に係る電子増倍管は、複数のダイノードが積層状態で多段に配置されたダイノード部を備える電子増倍管であって、ダイノード部は、1段目のダイノードがベネシアンブラインドダイノードで構成され、2段目以降のダイノードがメタルチャンネルダイノードで構成されていることを特徴とする。
- [0008] 本発明に係る電子増倍管では、入射された電子を1段目のベネシアンブラインドダイノードが効率良く収集して増倍し、増倍した2次電子を2段目のメタルチャンネルダイノードに向けて放出する。そして、2段目以降のメタルチャンネルダイノードが入射された2次電子を順次効率よく増倍することにより、増倍された2次電子が電気信号として効率良く検出される。
- [0009] 本発明の電子増倍管においては、1段目のベネシアンブラインドダイノードが放出する2次電子を2段目のメタルチャンネルダイノードに向けて誘導する補助電極を設けることができる。この場合、1段目のベネシアンブラインドダイノードが放出する2次電子を補助電極が無駄無く2段目のメタルチャンネルダイノードに誘導するため、電子増倍管の検出効率が更に向上する。

#### 発明の効果

- [0010] 本発明に係る電子増倍管によれば、入射された電子を1段目のベネシアンブラインドダイノードが効率良く収集して増倍し、増倍された2次電子を2段目以降のメタルチャンネルダイノードが効率良く順次増倍するので、検出効率が向上する。
- [0011] また、本発明の電子増倍管は、ダイノード部の2段目以降のダイノードが積層状態を薄くできるメタルチャンネルダイノードで構成されているため、ダイノード部の積層方向の全長を短くコンパクトに構成することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明の一実施形態に係る電子増倍管の内部構造を示す縦断端面図である。
- [図2]図2は図1に示したダイノード部の主要構成部材の斜視図である。
- [図3]図3は図1に示したダイノード部のベネシアンブラインドダイノードとメタルチャンネルダイノードとの間に介設される補助電極の斜視図である。

### 符号の説明

- [0013] 1…側管、2…受光面板、3…ステム板、4…フォーカス電極、5…ダイノード部、5A…ベネシアンブラインドダイノード、5B…メタルチャンネルダイノード、6…アノード、7…シールリング、8…排気管、9…支柱、10…絶縁パイプ、11…絶縁スペーサ、12…絶縁リング、13…絶縁リング、14…ナット、15…補助電極。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0014] 以下、図面を参照して本発明に係る電子増倍管の実施の形態を説明する。参照する図面において、図1は一実施形態に係る電子増倍管の内部構造を示す縦断端面図、図2は図1に示したダイノード部の主要構成部材の斜視図である。
- [0015] 図1に示すように、一実施形態に係る電子増倍管は、例えば円筒状の側管1の一端の開口部に受光面板2が気密に固定され、他端の開口部にステム板3が気密に固定された構造の真空容器内にフォーカス電極4、ダイノード部5、アノード6などが収容されたヘッドオン型のPMT(光電子増倍管)として構成されている。
- [0016] 側管1は、両端部にフランジが形成されたコバルト金属管で構成されており、一端のフランジには受光面板2の周縁部が熱融着され、他端のフランジにはステム板3のフランジが溶接にて接合されている。
- [0017] 受光面板2は、例えば厚さが0.7mm程度の円形のコバルトガラスで構成されており、光入射窓に対面する部分の内面には光電面(図示省略)が形成されている。
- [0018] なお、受光面板2の材質は、必要とする光の透過特性に応じて合成石英、UVガラス、硼珪酸ガラスなどに適宜変更することができる。
- [0019] ステム板3は、コバルト金属製であり、内部に硼珪酸ガラスからなる絶縁シール材3Aが充填される皿状に形成されている。このステム板3には、図示しない複数のステムピンが気密に貫通してダイノード部5の各ダイノードに接続されている。このステム板3

の中心部には、真空容器内を真空引きするための排気管8が気密に嵌合して固定されており、その外端部は閉塞されている。

[0020] ここで、ステム板3には、フォーカス電極4、ダイノード部5の各段のダイノードおよびアノード6を堅固に支持するための支柱9が例えば4本立設されている。各支柱9は、基端部がステム板3を貫通した状態で絶縁シール材3Aに気密に埋設されている。そして、各支柱9には、それぞれ絶縁パイプ10が嵌合されている。

[0021] フォーカス電極4は、各支柱9に嵌合する装着孔4Aが形成されたフランジ部4Bを有する短い円筒状(または角筒状)に形成されており、その開口部を受光面板2に向けて側管1の内側に配置されている。

[0022] ここで、ダイノード部5は、1段目のダイノードがベネシアンブラインドダイノード5Aで構成され、2段目以降、例えば14段目までのダイノードがメタルチャンネルダイノード5Bで構成されている。

[0023] ベネシアンブラインドダイノード5Aは、図2に示すように、各絶縁パイプ10(図1参照)に嵌合する装着孔5A1が4隅に形成された基板5A2から略45度の角度で切り起こされたルーバ状の複数の電極エレメント5A3を有する。各電極エレメント5A3は、相互に平行に隣接して同方向に傾斜しており、全体としてブラインド状の外観を呈する。

[0024] 各電極エレメント5A3の受光面板2側に向く外面には、受光面板2の光電面から放出されてフォーカス電極4により収束される光電子を受け、これを増倍した2次電子を放出する2次電子放出面が形成されている。

[0025] このような構造のベネシアンブラインドダイノード5Aは、各電極エレメント5A3の2次電子放出面が相互に隣接しており、全体として広い面積を確保しているため、光電子の収集効率が高く、2段目のベネシアンブラインドダイノード5Aに対し、より多くの2次電子を放出することができる。

[0026] メタルチャンネルダイノード5Bは、各絶縁パイプ10(図1参照)に嵌合する装着孔5B1が4隅に形成された基板5B2にスリット状に開口された複数の貫通孔5B3を有する。各貫通孔5B3は、ベネシアンブラインドダイノード5Aの各電極エレメント5A3に沿って相互に平行に延びている。

- [0027] 各貫通孔5B3は、2次電子の収集側の開口幅に較べて放出側の開口幅が広くなるように傾斜した断面形状の内壁面を有し(図1参照)、その内壁面には、収集側から入射された2次電子を増倍して放出する2次電子放出面が形成されている。
- [0028] このような構造のメタルチャンネルダイノード5Bは、各貫通孔5B3の開口幅が2次電子の収集側の開口幅に較べて放出側の開口幅が広く設定されているため、2次電子を次段のメタルチャンネルダイノード5Bに向けて誘導する制動電界が放出側の開口から貫通孔5B3の内部に深く入り込む。このため、メタルチャンネルダイノード5Bは、次段のメタルチャンネルダイノード5Bに効率よく2次電子を導くことができる。
- [0029] ここで、図1に示すように、ダイノード部5の1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aおよび2〜14段目のメタルチャンネルダイノード5Bは、相互に絶縁された積層状態でアノード6および最終段のダイノード5Cと共に多段に支持される。
- [0030] そのための構造として、アノード6および最終段のダイノード5Cの4隅には、図2に示すように、各絶縁パイプ10(図1参照)に嵌合する装着孔6Aおよび装着孔5C1がそれぞれ形成されている。また、図1に示すように、各絶縁パイプ10に嵌合される複数のワッシャ状の絶縁スペーサ11および複数の絶縁リング12, 13が設けられると共に、各支柱9の先端部に形成されたオネジ部9Aに螺合される複数のナット14が設けられている。
- [0031] そして、各絶縁パイプ10に対し、絶縁リング12、最終段のダイノード5Cの装着孔5C1、絶縁スペーサ11、アノード6の装着孔6A、絶縁スペーサ11がこれらの順序で嵌合され、続いてメタルチャンネルダイノード5Bの装着孔5B1および絶縁スペーサ11が交互に各絶縁パイプ10に嵌合され、さらにベネシアンブラインドダイノード5Aの装着孔5A1および絶縁リング13が各絶縁パイプ10に嵌合されることにより、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aおよび2〜14段目のメタルチャンネルダイノード5Bが相互に絶縁された積層状態でアノード6および最終段のダイノード5Cと共に多段に配置されている。
- [0032] ここで、各支柱9の先端部にはフォーカス電極4のフランジ部4Bに形成された各装着孔4Aが嵌合されており、各支柱9の先端部のオネジ部9Aに螺合された各ナット14がフォーカス電極4のフランジ部4Bを介して絶縁リング13を押圧することにより、フ

フォーカス電極4、1段目のベネシアンブラインドダイノード5A、2〜14段目のメタルチャンネルダイノード5B、アノード6および最終段のダイノード5Cが各絶縁スペーサ11と共に各支柱9に一体的に堅固に支持されている。

[0033] 以上のように構成された一実施形態の電子増倍管では、被測定光が受光面板2に照射されると、その裏面の光電面が光電子を放出し、放出された光電子がフォーカス電極4の作用により1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aに収束される。

[0034] ここで、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aは、各電極エレメント5A3の2次電子放出面が相互に隣接しており、全体として広い面積を確保しているため、フォーカス電極4により収束された光電子を効率良く収集して増倍し、増倍した2次電子を2段目のメタルチャンネルダイノード5Bに向けて放出する。

[0035] 2〜14段目のメタルチャンネルダイノード5Bは、各貫通孔5B3の開口幅が2次電子の収集側の開口幅に較べて放出側の開口幅が広く設定されているため、前段のメタルチャンネルダイノード5Bから次段のメタルチャンネルダイノード5Bが収集する2次電子の収集効率が高い。その結果、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aが効率良く収集して増倍した2次電子を2〜14段目のメタルチャンネルダイノード5Bが効率良く順次増倍する。

[0036] そして、このように効率的に増倍された2次電子は、アノード6により電気信号として効率良く検出される。

[0037] ちなみに、1段目のダイノードもメタルチャンネルダイノード5Bとした電子増倍管では、被測定光の検出効率が66%であったが、1段目のダイノードをベネシアンブラインドダイノード5Aとした一実施形態の電子増倍管では、被測定光の検出効率が74%に上昇した。

[0038] ここで、一実施形態の電子増倍管は、ダイノード部5の2〜14段目までのダイノードが積層状態を薄くできるメタルチャンネルダイノード5Bで構成されているため、ダイノード部5の積層方向の全長を短くコンパクトに構成することができる。

[0039] すなわち、一実施形態の電子増倍管によれば、被測定光の検出効率の向上および全長の短縮化を同時に達成することができる。

[0040] なお、一実施形態の電子増倍管では、ダイノード部5を構成するベネシアンブライ

ンドダイノード5A、各メタルチャンネルダイノード5Bおよび各絶縁スペーサ11がアノード6および最終段のダイノード5Cと共に支柱9に対し一体的に堅固に支持されているため、これらが振動や衝撃により不用意に横ずれを起こすことがなく、ダイノード部5は優れた耐振性能を発揮する。

[0041] 本発明に係る電子増倍管は、一実施形態に限定されるものではない。例えば、ダイノード部5の2段目以降のダイノードを構成するメタルチャンネルダイノード5Bは、スリット状の貫通孔ではなく、円形または四角形の複数の貫通孔がマトリックス状に配置して形成されたものでもよい。

[0042] また、図3に示すように、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aと2段目のメタルチャンネルダイノード5Bとの間には、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aが放出する2次電子を2段目のメタルチャンネルダイノード5Bに向けて誘導するスリット状の補助電極15を設けることもできる。この場合、1段目のベネシアンブラインドダイノード5Aが放出する2次電子を補助電極15が無駄無く2段目のメタルチャンネルダイノード5Bに誘導するため、被測定光の検出効率が更に向上する。

[0043] さらに、本発明の電子増倍管は、光電面を有しない電子増倍管としてもよい。

#### 産業上の利用可能性

[0044] 本発明によれば、入射された電子を1段目のベネシアンブラインドダイノードが効率良く収集して増倍し、増倍された2次電子を2段目以降のメタルチャンネルダイノードが効率良く順次増倍するので、検出効率が向上する電子増倍管を提供できる。

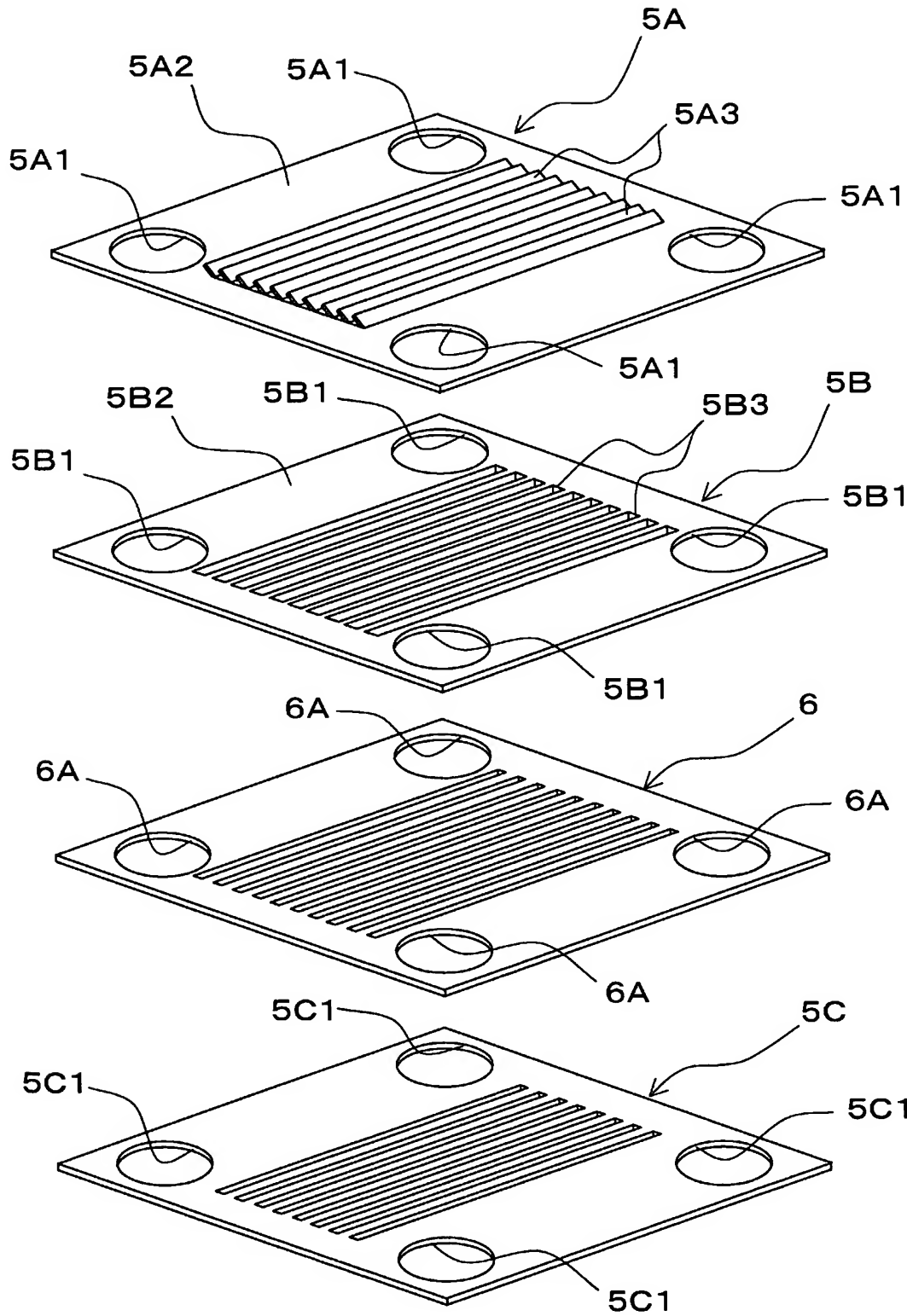
### 請求の範囲

- [1] 複数のダイノードが積層状態で多段に配置されたダイノード部を備える電子増倍管であって、
- 前記ダイノード部は、1段目のダイノードがベネシアンブラインドダイノードで構成され、2段目以降のダイノードがメタルチャンネルダイノードで構成されていることを特徴とする電子増倍管。
- [2] 前記1段目のベネシアンブラインドダイノードが放出する2次電子を2段目のメタルチャンネルダイノードに向けて誘導する補助電極を備えていることを特徴とする請求項1に記載の電子増倍管。

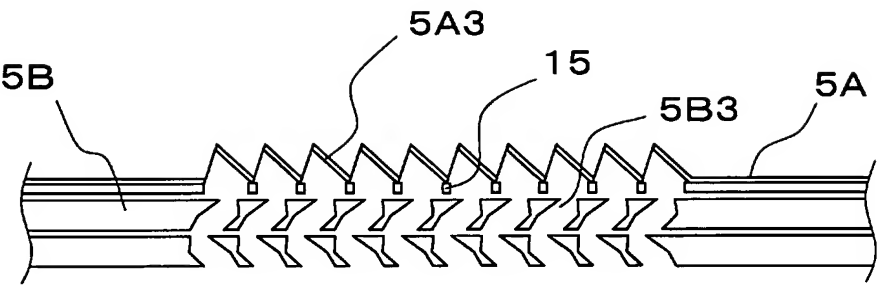




[図2]



[図3]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008443

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl <sup>7</sup> H01J43/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> H01J43/00-43/30		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-40147 A (Shimadzu Corp.), 21 February, 1987. (21.02.87), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2
A	JP 2-291657 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 03 December, 1990 (03.12.90), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2
A	JP 2000-3693 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 07 January, 2000 (07.01.00), Full text; all drawings & EP 1089320 A1 & US 6538399 B1 & WO 99/66534 A1	1, 2
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 August, 2004 (20.08.04)		Date of mailing of the international search report 07 September, 2004 (07.09.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01J43/22

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01J43/00 - 43/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 62-40147 A (株式会社島津製作所) 1987. 02. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 2-291657 A (浜松ホトニクス株式会社) 1990. 12. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 2000-3693 A (浜松ホトニクス株式会社) 2000. 01. 07, 全文, 全図 & EP 1089320 A1 & US 6538399 B1 & WO 99/66534 A1	1, 2

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

堀部 修平

2G

9215

電話番号 03-3581-1101 内線 3225